針貫入試験による一軸圧縮強度の推定例

株式会社　宇部建設コンサルタント　○宗村　知明
北村　晴夫

1. はじめに

岩石の一軸圧縮強度は，通常，ボーリングコア等を整形した試料(供試体)を用いて，一軸圧縮試験により求められる。

しかし，供試体として所定の寸法を満足しない場合や自立する強度を持っていない場合は一軸圧縮試験を正規に実施できない。

本発表では，一軸圧縮試験を実施できない試料を対象に針貫入試験を行い，一軸圧縮強度を推定した事例について報告する。

2. 針貫入試験の概要

針貫入試験は，試料に針を貫入したときの貫入力と貫入量の比(針貫入勾配)を求めるものであり，針貫入勾配から一軸圧縮強度を推定することができる。

2.1 針貫入試験器

用いた針貫入試験器の仕様は以下のとおりである。

貫入力目盛：10～100N(10N目盛)
貫入針：土木学会指針に準拠
貫入量：10mm(押圧子による貫入量指示式)
力学計測：コイルスプリング式，最大値指示環付き
大きさ及び重量：最大径40mm×全長285mm，約700g

押圧子(貫入量に応じて移動)
指示リング(貫入力に応じて移動)

写真-1　針貫入試験器の全容

2.2 試験方法

試料に試験器の先端(押圧子および貫入針の先端)を直角に押し当て，貫入量0の状態から貫入針を押し込み，貫入量が10mm に達したときの貫入力を記録する。(貫入力に応じて移動する指示リングで貫入力を読み取る。)

貫入量が10mm に達する前に貫入力が100N に達した場合は，針を抜き貫入力100N に対する貫入量を記録する。

用いた針貫入試験器による一軸圧縮強度推定式は次式(取扱説明書に記載)のとおりである。

回帰式　$y=0.978x+2.621$(相関係数0.914)
y：一軸圧縮強度の対数値
x:針貫入勾配(NP=貫入力(N))/貫入量(mm))の対数値
(上記の回帰式は天然岩石114個，セメント処理試料50個でのデータによるものである。)
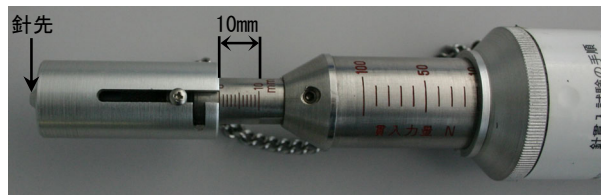
写真-2　貫入前の状態(貫入量の目盛0)
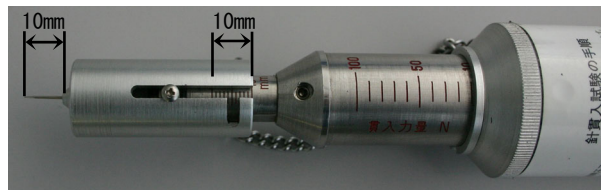
写真-3　貫入後の状態(貫入量10mm の場合)

2.3 針貫入試験の特徴

針貫入試験結果による一軸圧縮強度は，前述の回帰式を用いて間接的に求めるものであるが，針貫入試験の長所として以下の点が挙げられる。

a.　短いコアや割れ目を含む試料においても試験が可能である。
b.　試験は針を貫入する(最大10mm)だけであり，コアをほとんど乱さない。
c.　任意の間隔で試験可能であるため，多点で試験を実施できる。
d.　簡易的に試験を行うことができる(1箇所当たりの試験を短時間で実施できる)。

3. 針貫入試験の実施例

3.1 対象とした地質

主に凝灰角礫岩からなり，火山礫凝灰岩，凝灰岩，軽石凝灰岩(いずれも地質時代は新第三紀の鮮新世～中新世)を挟在する地域におけるボーリングコアを対象に針貫入試験を実施した例について以下に記す。

対象とした凝灰岩は，写真-4に示すように，硬質な礫と軟質な基質が混在しており，特に基質については一軸圧縮試験に供することができる試料が少ない状況であった。
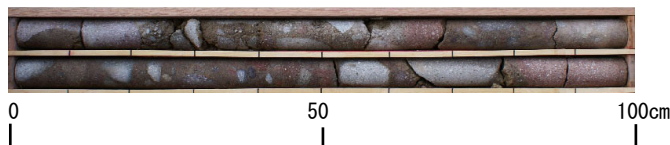
写真-4　ボーリングコアの一例

このため，一軸圧縮強度のデータ不足を補うことを目的として針貫入試験を実施し，一軸圧縮試験結果と比較することにより，一軸圧縮強度の推定を行った。

3.2 試験結果

以下では針貫入試験結果から換算した一軸圧縮強度を「換算一軸圧縮強度」と表記する。

換算一軸圧縮強度の深度分布の例を図-1及び図-2に示す。図-1は凝灰角礫岩のCL級岩盤およびCM級岩盤を対象に試験を実施した結果であるが，岩級区分による差は見られなかったことから，基質の強度が岩級区分に影響されていない例であるといえる。
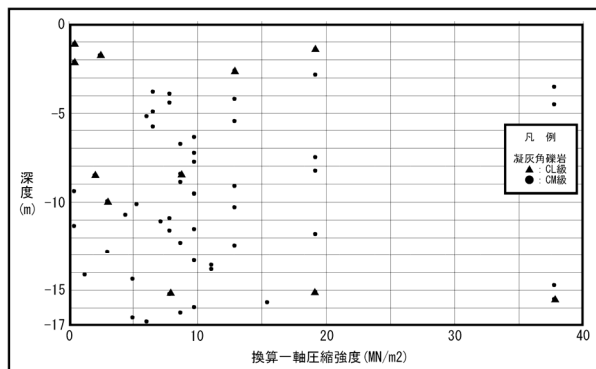
図-1　換算一軸圧縮強度の深度分布の例

図-2は軽石凝灰岩のCL級岩盤およびCM級岩盤と火山礫凝灰岩の CH 級岩盤を対象に試験を実施した結果であるが，岩級区分が良好なほど換算一軸圧縮強度が大きい傾向が見られる。
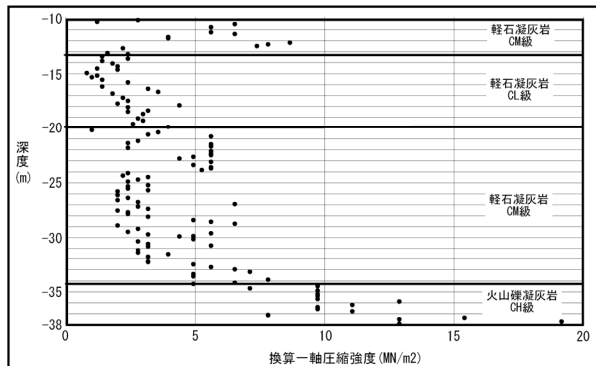
図-2　換算一軸圧縮強度の深度分布の例

換算一軸圧縮強度と一軸圧縮試験による一軸圧縮強度との関係を図-3に示す。この図では，換算一軸圧縮強度として，一軸圧縮試験位置から深度方向に上下1mの範囲について，0及び37.8MN/m2を除外して平均した値をプロットした。

この例では，一軸圧縮強度は換算一軸圧縮強度の0.43倍で近似できる。これらの比が1:1とならず，一軸圧縮強度が換算一軸圧縮強度より小さい理由として，一軸圧縮試験では供試体の破壊に対する強度として評価しているのに対し，針貫入試験では点(針先端)で強度を評価しており礫の影響を受けやすいことによるものと考えられる。
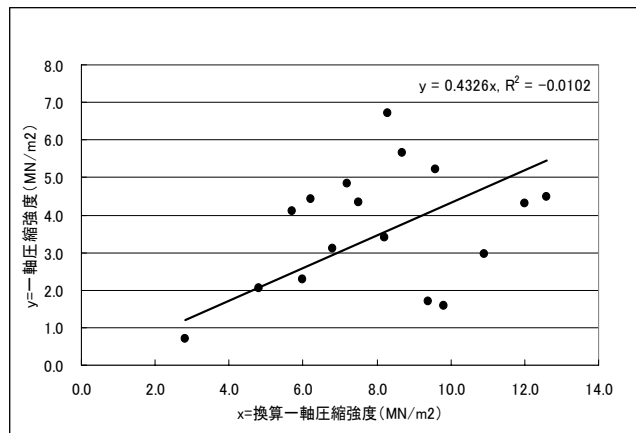
図-3　換算一軸圧縮強度と一軸圧縮試験による一軸圧縮強度との関係

4. 今後の展開

4.1 針貫入試験を適用できる地質

NP=100N/mm(貫入力100N に対する貫入量が1mm)のとき換算一軸圧縮強度は37.8MN/m2であり,換算一軸圧縮強度として，これ以下の範囲のものが試験対象となる。

特に，一軸圧縮強度に対して換算一軸圧縮強度が大きい値となる理由として，針貫入試験では基質の中にある硬質な礫に当たると，それ以上貫入しなくなることによると考えられるため，硬質なものは試験対象外となる。

試験の際に針先が礫などの硬質部に当った場合は，適正な値を示していないと考えられるため，貫入位置をずらして実施するなど，適切な対処が必要である。

4.2 針貫入試験の利用について

針貫入試験は簡易的に実施できる試験であり，一軸圧縮試験結果と針貫入試験結果の関係を用いて一軸圧縮強度を把握できることから，一軸圧縮強度を多点で求めたい場合には有効である。

このようなことから，針貫入試験は，例えば，トンネル施工時の切羽の岩盤判定時に重要な指標となる一軸圧縮強度を簡易的に求める手法として利用できる。

また，軟弱地盤対策工のうち深層混合処理工法や浅層混合処理工法で適用可能であるという報告や，古墳内の石室の解体・搬出時のクレーンベースの安定性評価に用いたという報告もある。

今回は，一軸圧縮試験と針貫入試験を並行して行ったが，調査目的によっては，先に針貫入試験を実施して強度分布(相対的な強弱)を把握した上で一軸圧縮試験の位置を選定することも可能である。

《引用・参考文献》

1) 土木学会編：軟岩の調査・試験の指針，pp.33～36，1980.1.
2) 針貫入試験器取扱説明書
3) 東日本・中日本・西日本高速道路株式会社:JHS 716 1997 針貫入試験による軟岩の強度推定方法,2006.10.